Domeyko Ignacy: Recherches sur la géologie [illegible] Chili etc.

RECHERCHES

Sur la géologie du Chili, et, particulièrement, 1° sur le terrain de porphyres stratifiés, dans les Cordillères ; 2° sur le rapport qui existe entre les filons métallifères et les terrains du système des Andes.

Par M. Ignace DOMEYKO, Professeur de minéralogie et de géologie au collége de Coquimbo (Chili).

Division du système des Andes en trois principaux groupes de terrains.

Dans tout le système des terrains qui constituent la pente occidentale des Cordillères du Chili, on voit trois principaux groupes de roches qui correspondent à trois époques différentes :

I. Un terrain stratifié secondaire, antérieur au soulèvement des Andes ;

II. Des masses soulevantes contemporaines de ces mêmes montagnes ;

III. Des dépôts tertiaires postérieurs audit soulèvement.

Ces derniers, composés de couches horizontales, constituent une partie des plaines de la côte et entrent dans les vallées, où ils forment des doubles et triples vallons qui attestent autant d'époques survenues dans le soulèvement lent et continu de la côte, et postérieures au soulèvement brusque des Andes.

Groupes de roches non stratifiées granitoïdes.

Le second groupe se compose de masses non stratifiées granitoïdes ou porphyriques, dont la principale roche renferme quatre éléments : le quartz, le feldspath, le mica et l'amphibole. Selon qu'un de ces éléments prédomine ou fait disparaître les autres, on a la pegmatite, la dio-

rite, la syénite, le granite proprement dit, des grünsteins, etc. Chacune de ces roches peut, en outre, passer au porphyre qui lui correspond, et aux masses homogènes, dans lesquelles on ne peut plus distinguer les éléments qui les constituent. De là résulte cette immense quantité de roches différentes qu'on rencontre dans ce groupe, et dont il serait aussi difficile qu'inutile de décrire les nuances et les modifications. Un porphyre qui, au milieu de ces roches, mérite peut-être une attention particulière, est un porphyre vert à feldspath blanc (albitique) qui passe à l'eurite et se montre souvent en voisinage des filons.

Les roches de ce groupe composent toute la côte de l'océan Pacifique, et forment des montagnes basses, arrondies, disposées en différentes rangées, qui n'ont pas de crête commune. Ce groupe a environ 10 à 12 lieues de largeur de l'ouest à l'est, et il s'étend dans les provinces du Sud à plus de 30 lieues de la mer. Il a pour limite, du côté des Cordillères, le terrain secondaire stratifié du premier groupe, sous lequel il plonge; mais les mêmes roches reparaissent ensuite à plusieurs reprises de dessous ce terrain, et s'élèvent au-dessus de lui, en formant dans beaucoup d'endroits les cimes élevées des cordillères. C'est là qu'elles rencontrent la ligne des volcans modernes, dont je n'ai vu aucun en activité depuis Copiapo jusqu'au delà de Santiago.

Le caractère général de ces roches consiste, comme je viens de dire, dans la structure cristalline de leurs masses, le manque de stratification, la place qu'elles occupent dans le système, relativement au groupe stratifié; enfin, dans le rôle qu'elles jouent dans la configuration extérieure du

pays. Mais en examinant attentivement les différentes parties de ce groupe, on est porté à distinguer parmi les roches qui les composent :

(A) des masses de granite, qui se trouvent ordinairement les plus éloignées du centre des Cordillères, et qui forment la partie basse du système, le bord de l'Océan, où elles passent quelquefois au gneiss et au micaschiste; il paraît que l'élément essentiel de ces roches est le feldspath orthose; Subdivision du second groupe en terrain ancien et en roches soulevantes.

(B) des masses granitoïdes et porphyriques, qui touchent au terrain stratifié secondaire qu'elles soulèvent, et qui renferment presque toujours de l'albite et de l'amphibole.

Les premières (A) sont le plus souvent stériles, très-faciles à se désagréger, et ne sont probablement que des débris d'un terrain primitif, ou, pour dire avec plus d'exactitude, d'un terrain antérieur à l'époque de ce même terrain secondaire du groupe (I), dont la formation avait précédé le soulèvement des Andes.

Les secondes (B) sont au contraire des roches soulevantes proprement dites, qui occupent les points les plus accidentés du système, et contiennent une quantité immense de filons métallifères qui se montrent très-souvent près du contact de ces mêmes roches avec les terrains qu'elles ont disloqués.

On conçoit déjà combien de difficultés doivent présenter l'étude et la distinction de ces masses, qui se ressemblent sous tant de rapports, et qui se fondent pour ainsi dire les unes dans les autres, sans laisser voir leurs plans de contact et de séparation. Il n'en est pas de même pour le groupe suivant, dont les caractères minéralogiques et géologiques sont bien prononcées, et qui forme la partie essentielle du système, la seule qui

puisse donner une idée sur l'époque du soulèvement des Andes.

Groupe I. Terrain secondaire du système.

Ce groupe secondaire, stratifié, ne descend pas jusqu'au bord de l'Océan, et il est rare de le rencontrer à moins de 700 à 800 mètres au-dessus du niveau de la mer. Il se trouve beaucoup plus développé dans le nord, dans les provinces du Huasco et de Copiapo, riches en mines d'argent, et dans lesquelles ce terrain se rapproche à la distance de 12 à 15 lieues de la mer, que dans les provinces méridionales du Chili, où on ne rencontre ce même terrain qu'à plus de 30 lieues de la côte, et près de la ligne des faîtes.

Je pense que dans tout le système de roches stratifiées qui composent ce groupe, il n'y a qu'un seul terrain, dont l'époque, d'après les restes organiques qu'il renferme, correspond probablement au terrain jurassique ou crétacé. Ce terrain est pauvre en roches calcaires et arénacées, mais il abonde en porphyres, qui alternent avec des schistes porphyroïdes, brèches et tufs porphyriques, et avec différentes roches siliceuses, compactes, schistoïdes, de nature inconnue.

Les assises calcaires et de roches compactes fossilifères sont assez fréquentes dans le Nord, où elles se montrent à différentes hauteurs, et souvent dans la première ligne d'escarpements de ce terrain; tandis que dans le Sud, on ne les trouve que près de la ligne des faîtes, et elles disparaissent entièrement au delà de la vallée de Maypo. Ainsi, on les a trouvées à l'étage supérieur du terrain, au passage du Portillo, sur le chemin de Santiago à Mendoza; à diverses hauteurs de ce même terrain, aux latitudes du Huasco et de Copiapo, et à peu près vers la partie inférieure du

même terrain, à la latitude de Coquimbo. De sorte qu'elles ne paraissent pas former un étage à part dans ce groupe, mais elles sont subordonnées aux grandes masses de porphyres stratifiés et roches compactes schisteuses ou bréchoïdes qui se montrent sans interruption sur toute la chaîne des Andes, et constituent à elles seules la majeure partie du terrain.

C'est aussi sur cette partie porphyrique du terrain secondaire stratifié, sur la partie dégagée de roches fossilifères et dont l'étude, par conséquent, présente de grandes difficultés, que je vais rapporter quelques observations que j'ai eu l'occasion de constater dans mes voyages et particulièrement dans mes dernières excursions au sud, dans les cordillères de Santiago et de Rancagua.

Description du terrain de porphyres stratifié dans les Andes.

Les principales difficultés qu'on rencontre dans l'examen des roches qui constituent cette partie du terrain, tiennent tantôt à leur structure minéralogique, tantôt à la position qu'elles occupent relativement à la roche soulevante. Ainsi, la partie soulevée étant porphyrique et la masse qui la soulève, souvent aussi de porphyre, il est quelfois impossible de distinguer les roches appartenant à ces deux groupes. Secondement, le terrain soulevé étant traversé, à plusieurs reprises, par la roche soulevante, il en résulte des failles et dislocations qui rendent très-compliquée la composition du terrain. Enfin, cette roche soulevante, sortant souvent au jour par des fentes et déchirements latéraux, apparaît sous les formes de bancs et de couches presque régulières; ou bien il arrive que n'ayant pas pu rompre le terrain, et se trouvant rapprochée des couches superficielles, elle occasionne des modifications notables dans leur

position et dans leur structure minéralogique, sans qu'on voie la cause immédiate de ces modifications.

Commençons par rapporter les principaux caractères des roches appartenant à ce terrain de porphyres stratifiés, et voyons en quoi elles diffèrent des porphyres appartenant au second groupe.

Porphyre argileux.

Parmi les porphyres qui entrent dans la composition de la partie inférieure du terrain secondaire je citerai en premier lieu un porphyre à pâte grise, bigarrée, en différentes nuances, de rouge, vert et bleuâtre, et qui ne contient le plus souvent que de tout petits cristaux blancs, irréguliers, ou des pointes et veinules blanches amorphes, quelquefois amygdaloïdes. Cette roche, qui est une espèce de porphyre argileux (*thonporphyr, claystone porphyry*), se désagrége souvent en gros fragments globulaires et ressemble alors à certaines roches d'agrégation. Quelquefois elle prend un aspect bréchoïde, par suite de la peroxydation très-inégale du fer contenu dans la pâte; de manière qu'on y voit des taches vertes, brunes, bleuâtres, qui imitent les parties fragmentaires d'une brèche, mais dont les cristaux blancs sont les mêmes dans toute la masse et passent d'une tache à l'autre sans être coupés ou interrompus.

Porphyre à noyaux de jaspe et de calcédoine.

Une des variétés très-remarquables du porphyre précédent est un porphyre à noyaux de jaspe et de calcédoine. Les jaspes sont rouges, verts, vert bleuâtre, rouge brun ou blanc rubanné. Ils forment des nids, des rognons et quelquefois des veines très-irrégulières au milieu du porphyre. Ils sont fragiles, cassants et adhèrent à la roche. Les rognons de jaspes dépassent rarement $0^m,..$ à $0^m,2$ de diamètre. La calcédoine est

d'un blanc laiteux, rosâtre, bleuâtre, translucide, et souvent aux centres des boules et des rognons qu'elle forme on voit du quartz hyalin ou des géodes tapissées de cristaux dodécaédriques de quartz. Il est rare d'y trouver en même temps du spath calcaire, quoique beaucoup de ces roches donnent une légère effervescence avec les acides. Du reste, la roche même ressemble au porphyre précédent, et comme elle se désagrége facilement à l'air, il en résulte que des rognons de Calcédoine, dégagés du porphyre qui les empâtait, restent sur les pentes des montagnes ou roulent du haut de leurs escarpements.

Une autre roche très-remarquable, et qui sert encore mieux à caractériser ce terrain, c'est le porphyre à base de zéolites. Sa pâte est ordinairement d'un gris foncé, brunâtre, ou de couleur de cendre; sa structure est terreuse, rarement compacte, et quelquefois poreuse, âpre au toucher. Dans ce dernier cas la roche ressemble aux porphyres trachytiques. **Porphyre zéolitique.**

Les minéraux que renferme ce porphyre sont : la *stilbite*, qui est blanche, rosâtre, quelquefois de même couleur que la heulandite de Féroë; la *mésotype*, rayonnée blanche; la *scolézite*, qui remplit ordinairement les noyaux de quelques parties amygdaloïdes de la roche (1); la *laumonite*, qui se désagrége très-promptement

---

(1) La scolézite de la vallée de Cachapual est en noyaux arrondis, allongés, difformes, jaunâtres à la surface et blancs dans l'intérieur; sa structure est compacte; sa cassure inégale ou demi-conchoïde, imparfaite; les petits fragments sont translucides sur les bords. Au chalumeau la scolézite se gonfle sans bouillonnement, devient opaque, puis se fond avec quelque difficulté en un verre bulleux,

à l'air, et qui souvent remplit les cavités de la roche d'une poussière blanche, impalpable (1); la *prehnite*, en cristaux lenticulaires d'un blanc perlé verdâtre (2); l'*épidote*, le *spath calcaire* et

---

demi-transparent. Elle est très-facilement attaquable par les acides avec formation de la gelée.

J'ai analysé cette substance par l'ac. muriatique et je l'ai trouvée composée de :

	(Chili)	(Pargas, an. p. Nordenskiöld.)
Silice. . .	0,463	0,465
Alumine. .	0,269	0,277
Chaux. . .	0,134	0,142
Eau. . . .	0,140	0,136
	1,006	1,020

J'ai trouvé dans la même roche amygdaloïde et dans les cavités voisines de celles de la scolézite des noyaux de stilbite et d'un autre hydrosilicate dont la composition se rapproche de celle de la heulandite.

(1) Cette poussière est tantôt comme la farine, terreuse, tantôt en aiguilles très-minces, brisées. Elle est très-facilement attaquable par les acides, même à froid, avec formation de la gelée. J'ai trouvé pour la composition de cette substance, provenant de la cordillère de Peuco (Alto de los Juncos) :

Silice. . . .	0,501
Alumine. . .	0,199
Chaux. . . .	0,141
Eau.	0,160
	1,001

(2) La prehnite de la vallée du Rio de los Cipreses m'a donné dans une analyse :

Silice.	0,436
Alumine.	0,216
Protoxyde de fer.	0 042
Chaux.	0,250
Eau.	0 053
	0,997

J'ai fait cette analyse en fondant 2 gr. de substance avec le triple de son poids de potasse au creuset d'argent.

l'*amphigène*. Ce dernier est très-rare, et je n'en ai trouvé qu'un seul cristal près d'un filon de galène dans la montagne de Catemo.

Tous ces minéraux tantôt se concentrent dans certains points de la roche en forme de cristaux ou de veines très-irrégulières; tantôt on les voit disséminés dans toute la masse en forme de petites pointes et veinules blanches, où ils jouent probablement le même rôle que le feldspath dans un porphyre feldspathique.

En général, tous ces porphyres zéolitiques se décomposent et se désagrégent très-facilement à l'air; comme en outre les parties hydrosilicatées s'y trouvent inégalement distribuées, et que parmi ces minéraux mêmes les uns se désagrégent plus promptement que les autres, il en résulte que la roche, en se désagrégeant, prend des formes très-pittoresques, laissant sur les sommets des montagnes des piliers avec grottes et excavations qui imitent les ruines des anciens châteaux.

Je n'entrerai pas ici dans la description du grand nombre de roches porphyriques auxquelles se trouvent associés les porphyres précédents et avec lesquelles ils alternent souvent plusieurs fois dans une même montagne. Je citerai seulement un porphyre amphibolique que j'ai rencontré dans ce même terrain, dans différentes localités, formant des couches assez régulières et étendues. La pâte de ce porphyre est d'un gris plus ou moins foncé et quelquefois presque noir; les cristaux sont grands, noirs, luisants, et présentent souvent dans leur cassure intérieure le clivage du pyroxène.

Porphyre amphibolique.

Enfin, parmi les roches principales du même terrain, il faut compter : 1° les brèches et tufs

porphyriques, 2° des roches à structure compacte ou terreuse, schistoïde.

Brèches et tufs porphyriques. Les brèches se montrent à différents étages du terrain : tantôt elles alternent avec les porphyres et roches compactes, tantôt elles ne font que former la croûte superficielle de la montagne, et d'autres fois on les trouve adossées contre les porphyres à leur contact avec la roche soulevante. Mais il y a une grande variété dans la composition de ces brèches. Les unes se composent de gros fragments anguleux de ces mêmes porphyres qui entrent dans la composition du terrain ; de sorte qu'il arrive qu'un bloc, tombé du haut d'un escarpement inaccessible, présente une collection complète d'échantillons de tous les porphyres qui composent cette montagne. D'autres brèches, beaucoup plus variées dans leurs couleurs, ne renferment que de petits fragments de porphyres mélangés de morceaux de roches compactes, de divers fragments de schistes, de pierre lydienne, de jaspes verts et rouges, et tout cela réuni par une pâte grise porphyrique. Les fragments de toutes ces roches devenant très-menus et la pâte plus facile à se désagréger, on a des tufs porphyriques, dont on voit quelquefois des couches aussi considérables que celles de brèches et porphyres.

Je n'ai encore que peu examiné les roches compactes ou à structure terreuse, qui ont l'apparence de roches homogènes et qui, en général, ne composent qu'une partie peu considérable du système. On n'y trouve pas de schistes à feuillets minces, ni de schistes argileux semblables aux ardoises, ni de grès ou marnes schisteuses. On n'y trouve non plus ni roches basaltiques, ni

laves modernes. Quelques variétés de porphyres ressemblent aux trachytes, mais je ne vois pas encore assez de motifs pour les nommer ainsi. Grand nombre de roches compactes paraissent être des porphyres dont les cristaux sont très-petits, indiscernables à la vue. Il y en a qui ressemblent aux phonolites et se trouvent en partie attaquables par les acides. D'autres roches ont un grain excessivement fin, une structure terreuse, et présentent des dendrites dans les fractures comme les marnes argileuses.

Végétaux fossiles.

Je n'ai jamais trouvé de débris organiques du règne animal dans cette partie du terrain où prédominent les porphyres stratifiés; mais il n'est pas rare de rencontrer dans des roches qui alternent avec ces derniers, et surtout dans des espèces de tufs porphyriques, bréchoïdes, des empreintes végétales et des troncs de bois silicifiés et carbonisés. Je vais citer deux localités où j'ai eu l'occasion d'examiner en place des dépôts de ces végétaux fossiles au milieu d'un terrain à porphyres et brèches stratifiés.

Une de ces localités est la montagne nommée Los Favellones, située près de Peuco à 18 lieues au sud de Santiago. Le terrain stratifié a ici plus de 500 mètres d'épaisseur, et il s'appuie sur les masses granitoïdes de la grande vallée de Santiago. Il se compose, vers sa partie supérieure, de porphyres à noyaux de quartz et de calcédoine, et de porphyres à noyaux zéolitiques qui alternent avec des couches de 2 à 3 mètres d'épaisseur, de brèches et tufs bréchoïdes. Les roches compactes et terreuses sont très-rares et ne forment que des lits de quelques pouces d'épaisseur. Les fossiles végétaux se trouvent dans un banc de tufs bréchi-

formes d'environ 2 mètres de grosseur, situé près du sommet de la montagne et composé de tout petits fragments porphyriques et compactes, réunis par une pâte grise, grenue, faciles à se désagréger. On y rencontre des troncs d'arbres de $0^{m},1$ à $0^{m},2$ de diamètre, couchés dans la direction des couches, en partie silicifiés, en partie carbonisés. On en voit dont le ligneux est silicifié, et l'intérieur, ou la moelle, transformé en jayet ou bien en un charbon léger et poreux, comme du bois récemment carbonisé.

Un autre endroit où j'ai rencontré un dépôt de végétaux fossiles, semblable au précédent, se trouve vers la latitude de Santiago, sur la rive gauche du Rio Colorado, près du mont Aucayes. Le terrain se compose de roches schisteuses, jaunâtres, à structure terreuse, et de brèches porphyriques à fragments de grandeur moyenne. Les couches de schiste ont 1 à 2 mètres d'épaisseur, et celles de brèches sont 3, 4 ou 5 fois plus épaisses que les précédentes. Tout le système se trouve recouvert de bancs de porphyres, parmi lesquels on distingue une variété d'un gris foncé avec de gros cristaux d'amphibole noire. Les bois fossiles et leurs empreintes se trouvent dans les brèches et non pas dans les roches compactes, homogènes. Les troncs d'arbres gardent diverses positions, et sont en partie silicifiés, en partie changés en jayet; ils sont presque toujours aplatis.

J'ai ouï dire qu'on a trouvé de semblables dépôts de débris végétaux dans plusieurs endroits en voisinage de la même montagne, mais que nulle part on n'a vu s'améliorer la qualité du combustible, ni augmenter sa quantité (1).

(1) Le charbon de terre qu'on exploite actuellement

Tels sont les principaux caractères des roches qui constituent le terrain secondaire des Andes, lorsque les porphyres y prédominent, à l'exclusion des couches calcaires, arénacées, ou des schistes siliceux qui, dans le nord, renferment ordinairement des coquilles, et qui, par cela même, rendent ce terrain plus facile à étudier. Voyons maintenant comment distinguer la plupart de ces roches, de certains porphyres et masses porphyroïdes qui se trouvent en voisinage ou en contact avec elles, et qui appartiennent au second groupe, c'est-à-dire au système de roches soulevantes.

Pour définir ces dernières, je leur assignerai d'abord, pour caractère négatif, l'absence de tous les minéraux zéolitiques, des jaspes et des calcédoines, que nous avons mentionnés à l'article des porphyres secondaires. Nous observerons ensuite que ces roches ont ordinairement une structure plus ou moins granitoïde, et passent aux diorites ou porphyres dioritiques, qui contiennent souvent en même temps de l'amphibole vert ou noir, en cristaux minces ou rayonnés, et du mica en petites paillettes. Le feldspath est tantôt lamellaire, constituant la masse principale de la roche, tantôt en cristaux larges, à structure terreuse, accompagnés d'amphibole et de mica, au milieu d'une pâte feldspathique. Je ne me rappelle pas avoir jamais vu de mica dans les porphyres stratifiés du premier groupe. Roches soulevantes.

au Chili, pour les besoins des bateaux à vapeur récemment établis sur la côte de l'océan Pacifique, provient de Concepcion. C'est une espèce de lignite de très-bonne qualité. On le trouve dans le terrain de la côte, au bord de l'Océan, dans des couches qui probablement appartiennent à l'époque tertiaire; mais je n'ai pas encore visité cette partie du Chili.

Roches d'injection.

La difficulté de reconnaître certaines de ces roches soulevantes augmente surtout lorsque ces roches apparaissent au milieu des couches mêmes de porphyres stratifiés, formant des couches-filons, sorties par *injection* par des fentes et déchirements latéraux. Quelquefois, dans ce cas, on reconnaît la roche d'injection au premier coup d'œil, autant par l'aspect extérieur et la forme de la couche que par la place qu'elle occupe relativement aux dislocations qu'a subies le système. Ces cas ne sont pas rares dans les Cordillères. J'en citerai, par exemple, un que j'ai observé sur la montagne Cerro de los Monos, située dans un groupe de montagnes, entre les vallées de Maypo et de Rio Colorado, près des mines d'argent de San Lorenzo (*fig.* 1, *Pl. I*). Tout le corps de la montagne se compose de porphyres stratifiés à rognons de quartz et de calcédoine, de porphyres zéolitiques, de brèches, etc. Les plans de stratification plongent à l'est et gardent un parallélisme presque parfait. Seulement, sur une des pentes de la même montagne, du côté sud-ouest, on voit tout le système de stratification coupé et interrompu par une couche presque horizontale, d'environ une demi-lieue de longueur, qu'on distingue de loin, à cause de la couleur blanchâtre de la roche qui la constitue, et de ses divisions prismatiques verticales, qui contrastent avec les plans de stratification. Les strates interrompus se retrouvent immédiatement au-dessous de cette couche horizontale, mais non pas sur leur prolongement. Tous les plans de stratification sont descendus et rabaissés de toute la largeur de ladite couche, en gardant leur parallélisme : de sorte que l'ensemble du système se présente comme si la partie supé-

rieure de la montagne se fût détachée de sa base, et soulevée d'un côté pour donner passage à la roche d'injection. En examinant de près cette roche, on la trouve granitoïde, dioritique, renfermant du mica, et tout à fait différente de celles qui composent le terrain stratifié. Un peu plus au sud, on retrouve la même roche de l'autre côté de San Lorenzo, formant déjà des masses de montagnes non stratifiées, et passant aux diorites de San Graviel.

Un des phénomènes qui méritent d'être cités, et qui aident aussi à reconnaître la présence de la roche soulevante, consiste dans la modification qu'éprouvent dans leur structure certaines roches du terrain stratifié, au contact ou au voisinage des roches de soulèvement. On observe effectivement que certains porphyres, brèches porphyriques et beaucoup d'autres roches stratifiées, en s'approchant de la masse soulevante, perdent leurs divisions par strates et se transforment souvent en roches que les gens du pays appellent *tofos*. On reconnaît ces roches de très-loin par leurs couleurs blanches, bigarrées en différentes nuances de jaune, de rouge et de brun noir. Les *tofos* ne sont, dans le plus grand nombre de cas, que des véritables kaolins à structure terreuse; d'autres fois, ils sont compactes, caverneux, âpres au toucher. Il arrive quelquefois que la substance se compose presque entièrement de silice, et ne contient que 4 à 5 p. 100 d'alumine, avec quelques millièmes de chaux et de protoxyde de fer; elle forme alors une roche semblable à l'*hornstein* des allemands. Cette roche est connue dans le pays sous le nom de *pedernal*, et on l'emploie souvent avec succès pour faire les soles des fourneaux. Les bigarrures de couleurs proviennent de ce que souvent la roche du contact, étant

Modification qu'éprouvent les couches secondaires au voisinage des masses soulevantes.

imprégnée de pyrite de fer, qui s'y trouve disséminée en particules excessivement petites, la pyrite se décompose à l'air, le fer passe par différents degrés d'oxydation, et la roche devient alunifère. C'est aussi dans ces montagnes blanches et arides que les Indiens vont chercher leur *polcura* (alun natif), dont ils se servent pour la teinture de leurs vêtements, et qui rend les eaux de ces parages souvent vitrioliques. Il n'est pas rare de trouver dans de pareilles localités tous les passages d'un porphyre feldspathique au kaolin, ou bien des *tofos* qui conservent quelques traces de la structure des brèches dont ils tirent leur origine.

Je dois seulement ajouter que cette apparition de *tofos* n'a lieu que rarement dans la première ligne du contact des deux groupes de terrains du côté de l'Océan, et fréquemment dans les endroits où la roche soulevante perce pour la seconde ou la troisième fois le même terrain stratifié. Cela explique pourquoi les montagnes de *tofos*, qui donnent un aspect si sec et si sauvage à certaines parties des Cordillères, se trouvent dans les points les plus accidentés du système.

Avant de passer à la seconde partie de ce mémoire, où je traiterai des filons, je vais encore jeter un coup d'œil rapide sur le rôle que jouent dans la configuration générale du pays les deux groupes de terrains I et II.

Influence de la nature des terrains sur la configuration extérieure.

On distingue ordinairement dans ce pays deux chaînes de montagnes, savoir : la Première-Chaîne ou les Cordillères de la côte (Primer-Cordon, Cordillera de la costa, Cordillera baja), et les Andes proprement dites (los Andes, Cordillera alta). Celles-ci consistent en roches du premier groupe (I), portées par une partie de

celles du seconde groupe (II) ; tandis que la première chaîne se compose entièrement de roches du second groupe. Ces deux chaînes se trouvent séparées à partir de la côte de Chacabuco (qui est à une dizaine de lieues de San Felipe de Aconcagua, sur le chemin de cette ville à Santiago), par une large vallée de plus de deux cents lieues de longueur, et qui court au sud jusqu'au delà de Concepcion et de Valdivia. C'est la vallée dans laquelle se trouvent bâties la capitale Santiago et beaucoup de villes départementales, comme Rancagua, San Fernando, Talca, etc. : c'est aussi la partie la plus cultivée, la plus fertile et la plus riche du Chili. Tout le pays de la côte, situé à l'ouest de cette vallée, présente, même à l'extérieur, le caractère de montagnes granitoïdes : des montagnes aplaties, arrondies, ne portant pas de traces de stratifications, des vallées larges et évasées, des plateaux couverts de détritus granitiques et quelques bassins tertiaires. Maintenant, à l'est de ladite vallée, s'élève une chaîne d'escarpements qui, à une certaine hauteur, présentent des ondulations d'un système de roches stratifiées, surmontées par des sommets couverts de neiges perpétuelles.

Pour rendre plus visible cette disposition générale du système et de la configuration extérieure qui en résulte, j'ai donné (*fig.* 2) une coupe transversale des deux groupes de terrains à la latitude de Rancagua, avec l'indication de quelques hauteurs que j'ai mesurées, au moyen d'un bon baromètre de Gay-Lussac. Je dois avertir que le second percement du terrain stratifié par les roches granitiques et les montagnes Cerro-Colorado et le Rincon de los Mineros, que j'ai placé dans la même

coupe, se trouvent à une huitaine de lieues plus au sud que la vallée du Cachapual, dont j'ai tracé la ligne de l'écoulement des eaux. J'ai visité ces localités en entrant par cette dernière vallée, et puis tournant au sud-est par le Rio de los Cypreses, j'ai remonté ce dernier torrent jusqu'à la hauteur de 1606 mètres au-dessus du niveau de la mer. C'est à peu près à cette hauteur que ledit torrent sort de dessous des glaciers qui ont en bas plus de 100 mètres d'épaisseur, et qui descendent du haut de la montagne Rincon de los Mineros. Les glaciers se trouvent abrités des côtés de l'est, du nord et de l'ouest par de très-hautes montagnes escarpées, et par cela même s'y conservent toute l'année, quoique bien au-dessous de la région des neiges perpétuelles.

J'ai aussi ajouté, à la coupe précédente, une autre figure (*fig*. 3) qui représente la manière dont se trouvent taillés certains escarpements des dernières couches secondaires qui descendent à l'ouest, en s'appuyant sur les masses granitoïdes ou porphyriques du second groupe. La forme de ces pentes ressemble à celle des pentes de différents étages du terrain tertiaire qui composent les doubles et triples vallées du voisinage de la côte.

Voyons maintenant dans quel rapport se trouvent les filons métallifères, extrêmement variés dans leurs productions, avec toutes ces roches que je viens de signaler, considérées soit isolément, soit dans leur ensemble.

J'ai déjà indiqué dans mon Mémoire sur les amalgames natifs du Chili (1), de quelle manière se trouvent distribués les filons métallifères sur la

(1) *Ann. des mines*, 3e série, tome XX, p. 255 et suiv.

pente occidentale des Cordillères du Chili. Je vais développer ces premières notions et leur donner plus de clarté et de précision.

En général, les filons d'or et de cuivre appartiennent au second groupe (II); ceux d'argent, de cuivre argentifère, de sulfo-arséniures et sulfo-antimoniures d'argent, au premier (I). En subdivisant celui-là en roches plus anciennes (A), et en roches soulevantes (B), on trouve les filons d'or plus à la côte, au milieu de montagnes granitiques (A), et les filons de cuivre (non argentifère et sans antimoine ni arsenic) dans les diorites, porphyres dioritiques, eurites, etc., qui composent le groupe (B), au voisinage du terrain soulevé. De même, en observant la manière dont se trouvent disposées les diverses mines d'argent de ce pays, on voit que les chlorures et les amalgames natifs se rencontrent près de la principale ligne du contact des deux groupes (I) et (II) du côté de la mer; que plus à l'est on voit apparaître les arséniures et sulfo-arséniures, cuivreux et argentifères, et encore plus près des Cordillères, les cuivres sulfurés argentifères, le plomb sulfuré, les blendes et pyrites argentifères, etc. (1). Le mercure se rencontre tantôt dans les filons du second groupe, associé à l'or et au cuivre, tantôt dans ceux du premier, associé à l'argent. Dans le premier cas, il ne se montre qu'à l'état de sulfure ou de chlorure, et dans le second, à l'état d'amalgame.

Cette loi générale n'est exacte qu'autant qu'elle s'applique aux principales mines du Chili, c'est-

(1) J'ai déjà dit dans le même Mémoire sur les amalgames que lorsque tous ces minerais d'argent se trouvent dans un même filon, on les voit répartis à peu près dans le même ordre en procédant de haut en bas.

à-dire à celles qui se distinguent soit par l'abondance, soit par la richesse des minerais, et dont les filons sont nommés par les mineurs *vetas reales* (véritables filons). Ce nom effectivement leur est dû, parce qu'ils ont toujours une longueur et une largeur considérables, et par cela même, ils diffèrent des veines, *gnias*, qui souvent s'écartent de ladite loi et présentent des anomalies inexplicables.

Pays situé entre Huasco et Copiapo.

Pour rendre plus sensible et plus facile à comprendre la disposition générale de ces filons, je vais passer en revue les principales mines de ce pays, en commençant par le Nord.

Prenons d'abord les montagnes situées au nord de la vallée du Huasco. C'est la partie du Chili la plus riche en mines d'argent; mais, en même temps, on y trouve des mines très-importantes de cuivre, d'or, etc. C'est ici que se trouvent les mines de cuivre du Carrisal, qui, de toutes les mines de cuivre du Chili, sont peut-être les plus abondantes en minerais (1), et dont les déblais donnent plus de 7 à 8 p. 100 de cuivre. Les mines se trouvent à peu près à 7 lieues de la côte, dans une roche dioritique, tandis que les mines d'or, entre autres celle de Capote, célèbre dans le temps par la richesse de ses minerais, sont presque au bord de la mer. Les masses granitoïdes s'étendent sur cette côte à plus de 15 lieues de l'ouest à l'est, et renferment grand nombre d'anciennes mines d'or et de cuivre abandonnées, tandis que 700 mineurs travaillent actuellement aux mines d'argent situées dans les premiers escarpements du terrain secondaire qu'on aperçoit sur les flancs de la montagne

(1) Ces minerais ne contiennent ni argent, ni arsenic, ni antimoine.

de Chañarcillo, et qui produisent de nos jours plus de 80.000 marcs d'argent par an. Les filons de ces mines abondent en chlorures, et ne commencent à produire des minerais arsénio-sulfurés qu'à une profondeur d'environ 100 *estados* (170 mètres) au-dessous les affleurements les plus élevés. Maintenant si l'on se dirige plus à l'est, on trouve que d'autres mines d'argent du district de Copiapo, comme celles de Punta Brava, San Antonio, et qui sont plus rapprochées des Cordillères que les précédentes, donnent principalement des minerais arséniurés et des cuivres argentifères. Celles enfin qui se trouvent encore plus à l'est et au-dessus des précédents, comme les mines du Cerro Blanco, produisent des cuivres gris, de la galène et des pyrites en abondance.

Pays situé entre Huasco et Copiapo.

Passons maintenant au sud de la vallée du Huasco, et embrassons tout le pays compris entre cette vallée et celle de Coquimbo (environ 60 lieues du nord au sud, et 30 à 40 lieues de l'est à l'ouest). A une distance de la mer, à peu près la même que les mines du Carrisal, nous trouvons dans cette partie de la côte deux groupes de filons de cuivre qui constituent les mines de San Juan et de la Higuera, dont on exporte plus de 100.000 quintaux de minerai brut (tenant de 20 à 25 p. 100), et qui, en outre, alimentent grand nombre d'usines au Chili. Les minerais de ces mines, comme ceux du Carrisal, se composent de cuivre pyriteux et oxydé, et leur roche encaissante consiste en diorites. Outre ces mines de cuivre, il y en a d'autres de même nature, non loin de la côte, comme celles du Morado de San Antonio, de los Choros, etc. Les filons d'or paraissent être moins fréquents que dans le sud ; on en voit quel-

ques-uns sur la côte granitique de Coquimbo, mais en revanche, toute la ligne de premiers escarpements qui indique le contact de deux groupes de terrains (I et II), et qui constitue une chaîne de montagnes depuis Arqueros jusqu'au delà de Agua Amarga, a été reconnue comme présentant des filons qui renferment de l'argent chloruré et de l'argent à l'état natif ou d'amalgame. C'est en suivant cette ligne que le géologue mineur rencontre à chaque pas des objets qui attirent son attention.

Je citerai, comme un des points très-intéressants sur cette ligne, un endroit situé à 7 lieues au sud-est de Vallenar (chef-lieu du département du Haut-Huasco). On y voit deux montagnes allongées parallèlement à la direction des Cordillères, et situées l'une vis-à-vis de l'autre. Celle qui est du côté de l'Océan se nomme Cerro de los Camarones, et se compose d'une masse dioritique non stratifiée; l'autre, du côté de l'est, beaucoup plus élevée que la première, est le Cerro de Agua Amarga, et présente tout le système de roches stratifiées, calcaires et siliceuses, quelques-unes fossilifères, dont les couches plongent à l'est. Une vallée large et évasée, couverte de détritus, de blocs et pierres roulées, sépare ces deux montagnes et cache le contact des deux groupes de terrains. Or, en se plaçant au fond de cette vallée, on aperçoit d'un côté, sur la pente dioritique du mont de los Camarones, d'énormes déblais verts et bleuâtres, provenant des mines de cuivre; et de l'autre côté, toute la pente occidentale du mont Agua Amarga criblée de trous et couverte de tas de déblais rougeâtres de *los pacos*, d'anciennes mines d'argent. Effectivement, si l'on

monte sur la première de ces deux montagnes, on y trouve un filon de cuivre de 2 à 4 mètres de largeur, et long de plus de 800 mètres, courant du sud-est au nord-ouest, accompagné de deux autres moins considérables parallèles au premier. Les minerais de ces filons ne contiennent ni argent, ni arsenic, ni antimoine, et se composent de cuivres oxydé, pyriteux et panaché, qu'on traite dans des fours à réverbère construits à l'entrée de la mine. Passant maintenant à la montagne de Agua Amarga, on la trouve traversée par de nombreux filons d'argent, dont quelques-uns courent du nord au sud, d'autres de l'est à l'ouest. Cette montagne, jadis célèbre par la richesse de ses minerais, renferme plus de 200 mines abandonnées, dont les déblais joints aux ruines d'anciennes habitations présentent un tableau qui ressemble à une ville incendiée. Les pierres de ces déblais et les minerais de quelques filons, qu'on exploite encore au pied de la montagne, n'annoncent que la présence du chlorure d'argent mélangé d'une petite proportion de sulfure d'argent et d'argent métallique, sans la moindre trace de cuivre; tandis que d'autres mines, situées un peu plus à l'est, comme celles de Carriso et de Tunas abondent en minerais arséniés, arsénio-sulfurés, et les filons qu'on rencontre plus haut, en allant vers les Cordillères, sont excessivement riches en sulfure de plomb.

J'ai déjà décrit, *Annales des mines*, 3e série, t. XX, p. 255, le gisement des amalgames natifs d'Arqueros, dont les filons se montrent sur la même ligne de contact des deux terrains que lesdites mines de Agua Amarga. Je rappellerai seulement qu'à l'ouest d'Arqueros, du côté de la mer,

on voit, dans les roches dioritiques granitoïdes, des mines d'or de Santa Gracia et celles de cuivre de Villador, qui ne produisent que des minerais oxydés ou du cuivre pyriteux sans argent; tandis qu'à l'est de ce même Arqueros on rencontre les cuivres gris et les galènes, dans les mines de la Marqueza, de los Porotos, de Machetillo, etc.

Pays situé entre la vallée de Coquimbo et celle de Aconcagua.

Il n'est pas moins facile d'apercevoir la même relation entre la nature des filons et les deux groupes de terrains dans tout le pays situé entre la vallée de Coquimbo et celle de Aconcagua ou de Quillota, sur une étendue d'environ 100 lieues du nord au sud. Ici le terrain granitique de la côte prend de plus en plus d'extension à l'est, à mesure qu'on s'avance vers le sud; le terrain stratifié se trouve repoussé vers les Cordillères; les roches calcaires et siliceuses de Chañarcillo et de Agua Amarga y manquent; des couches fossilifères ne se montrent que près de la ligne des faîtes, et les porphyres stratifiés prédominent. Aussi, à mesure qu'on s'avance au sud, le nombre des mines d'or augmente, et celles-ci s'éloignent de la côte; les mines d'argent chloruré manquent, et celles de cuivre argentifère sont plus abondantes que dans les provinces du Nord.

Ainsi, en allant par le chemin qui conduit de Coquimbo à Valparaiso et qui passe par Barrasa, en longeant la côte, on voit les mines d'or de Talca de Barrasa, au bord même de l'Océan; plus loin, les filons d'or de las Amolanas, les filons et sables aurifères de Casuto, où se trouvent actuellement les *lavaderos* les plus riches du Chili (à 2 lieues de la mer); viennent ensuite d'autres filons d'or anciennement exploités, dont quelques-uns, comme celui de la Punta de la Ballena,

descendent jusqu'à la mer; puis des anciennes mines et *lavaderos* de Catapirco, etc. En un mot, toute la côte granitique est aurifère, et on ne trouve sur cette première ligne de filons aucune mine de cuivre, aucune trace de minerais cuivreux; mais comme le même terrain aurifère s'élargit en allant au sud, on rencontre à l'est de cette première ligne, et plus dans l'intérieur, d'autres filons d'or de beaucoup d'importance, comme, par exemple, ceux de Punitaqui, de las Vacas, de los Hornos, de Illapel, de Petorca, etc. Or, comme la plupart de ces mines se trouvent déjà rapprochées du contact de ce terrain granitoïde avec les roches stratifiées, il en résulte qu'au milieu de ces groupes de filons aurifères on rencontre déjà des filons de cuivre. Ces derniers sont toujours plus modernes que les précédents; quelques-uns sont en même temps aurifères, mais ils ne renferment que des minerais oxydés et des cuivres pyriteux, panachés et oxysulfurés, sans argent, ni arsenic, ni antimoine.

Parmi les mines de cuivre de cette espèce, le premier rang appartient à celles de Tamaya, où j'ai vu, il y a quelque temps, dans une seule mine appartenant à MM. Solar, plus de 1000 caissons (64.000 quintaux) de minerais de cuivre (de 32 à 36 p. o/o de loi), triés et concassés. Les mines de Tamaya se trouvent à peu près à la même distance de la mer que les mines ci-devant mentionnées de la Higuera, de San Juan et du Carrisal. A la même distance, et à peu près sous le même méridien, on rencontre celles de Tambillos, de Panucillo, de Punitaqui et d'autres qui s'éloignent de la côte en se rapprochant du terrain stratifié, comme sont les mines de los Hornos, de las Palmas, etc.

Maintenant dès qu'on dépasse la ligne du contact des roches granitiques et porphyriques non stratifiées avec le terrain de porphyres stratifiés, on remarque que tous les filons de cuivre qui traversent ces derniers sont plus ou moins argentifères, et la plupart d'entre eux renferment du cuivre gris, de la galène et de l'arséniure de cuivre. C'est à cette seconde chaîne de filons cuivreux, appartenant au terrain secondaire, que se rapportent les mines de Rapel, grand nombre de mines du département de Combarbala, celle de Catemo, etc.

Pays situé au sud de la vallée de Aconcagua.

Enfin si l'on parcourt les provinces situées au Sud de la vallée de Aconcagua, en partant de la côte de Chacabuco, où commence cette longue vallée qui sépare les deux groupes de terrains, on voit que tout le pays granitique compris entre ladite vallée et la mer est rempli de mines d'or, et que les mines d'argent et de cuivre argentifère ne s'exploitent qu'au-dessus des escarpements de ces roches stratifiées qui constituent la haute chaîne des Andes, placée à l'est de la vallée.

Effectivement, dans un rapport fait par une commission nommée pour visiter les mines en 1803, du temps de l'administration espagnole, on fait mention de 175 mines d'or, seulement dans les départements de Melipilla, de Rancagua et de Colchagua. Ces mines se trouvent comprises dans les montagnes granitiques de Alhüc, de Nancagua (Cerro de las Catas), de Durazno, de Carren, de la Leona, etc. On vient de découvrir de très-riches sables aurifères aux environs de Casa Blanca et de Valparaiso, et il y a un grand nombre de mines d'or abandonnées dans les provinces de Maule, de Concepcion et de Valdivia.

Dans le même groupe de terrain granitique, près de la vallée de Rancagua, on exploite actuellement quelques mines de cuivre oxydés et pyriteux, non argentifères, de la même nature que ceux de la première chaîne de filons cuivreux du Nord; tandis qu'à l'est de la même vallée on ne rencontre, dans le terrain stratifié, que des filons dont les minerais renferment des arséniures de fer et de cuivre, avec de l'argent métallique, de l'argent rouge arsenical, des cuivres gris, des sulfures doubles d'argent et de cuivre, etc.; tous les filons découverts jusqu'à présent, soit dans les montagnes situées à l'est de Santiago (mines de San Francisco en las Condes, mines de Adesa), soit dans celles de San Lorenzo et de San Pedro Nolasco, au sud-est de la capitale.

Cas d'anomalies apparentes.

Telle est la loi générale qui embrasse dans son ensemble les principaux filons (vetas reales) du Chili, et qui ne paraît souffrir d'exception que pour des veines de peu d'importance, qui ont peu d'étendue, peu de régularité dans leur allure, ou qui ne donnent du minerai qu'aux affleurements. Mais il arrive des cas qui, à la première vue, paraissent exceptionnels, et qui rentrent dans la loi générale dès qu'on examine le terrain et qu'on sait distinguer les roches appartenant aux deux groupes ci-devant mentionnés. Ces cas d'anomalies apparentes proviennent ordinairement de deux causes : d'abord de ce que, dans certains points, quelques chaînons du premier groupe (I) dépassent à l'Ouest la principale ligne du contact des deux terrains et forment des îlots isolés au milieu des roches du second groupe (II); secondement, de ce que les roches stratifiées du premier groupe se trouvant, à différentes reprises, percées par les roches soulevantes du second,

celles-ci apparaissent avec les filons qui leur correspondent et non pas avec ceux du terrain secondaire. C'est ainsi qu'on exploite quelques mines d'or et de cuivre, semblables à celles de la côte, derrière les mines d'argent, et qu'on rencontre quelques filons argentifères au milieu de mines d'or et de cuivre.

Je vais prendre pour exemple la montagne de *San Francisco del Volcan*, située à plus de 40 lieues de la mer, et dans laquelle on voit reparaître les mines de cuivre semblables à celles de la côte au second percement du terrain secondaire.

Prenons pour point de départ le port de San Antonio, à l'embouchure du Rio Maypo, et dirigeons-nous, en remontant cette rivière, à l'est. Nous traverserons d'abord le groupe granitique dans toute sa largeur et nous passerons non loin des diverses mines d'or et des mines de cuivre d'Altagua, dont les filons sont de la même nature que ceux de Tamaya, de la Higuera, du Carrisal, etc. Ensuite nous arrivons à la grande vallée longitudinale de Santiago, et après l'avoir traversée dans la direction nord-est, nous entrons dans la seconde chaîne des Cordillères, celle des Andes proprement dites (*fig.* 4), près de San Juan, où commence le grand canal qui arrose les plaines des environs de la capitale. Au pied de cette chaîne on trouve encore la roche granitoïde, dioritique, et des eurites en masses non stratifiées; mais bientôt, à deux ou trois lieues plus haut, avant qu'on arrive à l'embouchure du Rio Colorado, on se trouve au milieu du terrain stratifié, redressé et plongeant à l'est. Au confluent de cette rivière avec le Maypo on est en face des montagnes de San José, qui présentent un système de stratifica-

tion en couches parfaitement régulières, parallèles, composé de porphyres, brèches et roches compactes schisteuses, secondaires. Toute la vallée de Maypo, depuis cet endroit jusqu'à Ingenio (7 à 8 lieues de longueur), est creusée dans le même terrain, et fait voir que tout le système, malgré les failles et ondulations accidentelles, plonge d'abord légèrement à l'est (*fig.* 5), et puis remonte, en plongeant en sens contraire, à l'ouest. Arrivé à Ingenio, on a à sa droite une montagne de plus de 2.000 mètres de hauteur, et au sommet de laquelle près de la région des neiges perpétuelles, se trouvent les mines d'argent de San Pedro Nolasco; tandis que de l'autre côté de la rivière, au nord, et presqu'à la même hauteur que les mines précédentes, on voit les mines d'argent de San Lorenzo de la même nature minéralogique et dans le même terrain de porphyres stratifiés que les mines de San Pedro Nolasco.

En continuant à s'avancer vers les Cordillères, on trouve dans la première montagne, que l'on rencontre au confluent du Rio del Volcan avec le Rio Maypo, et qui porte le nom de San Francisco del Volcan, des mines de cuivre, dont les filons ne produisent que des minerais oxydés mélangés de fer spéculaire, de cuivres pyriteux et panaché, sans contenir de traces d'argent, ni d'arsenic, d'antimoine ou de plomb.

Cette anomalie de la présence, au milieu des montagnes secondaires stratifiées, des filons qui ne se montrent ordinairement que dans la première chaîne, au milieu des masses granitoïdes de la côte, disparaît d'elle-même lorsqu'on examine le terrain que traversent lesdits filons de San Francisco del Volcan. Effectivement on reconnaît que

déjà depuis San Graviel, à une demi-lieue d'Ingenio, sur la rive droite de Maypo, sort de dessous les porphyres stratifiés une roche dioritique qui s'étend à peu près à deux lieues à l'est, constitue les masses non stratifiées qui se montrent aux confluents du Rio del Jeso et du Rio del Volcan avec le Maypo, et se replonge de nouveau sous les mêmes porphyres stratifiés de l'autre côté des mines del Volcan. Cette masse dioritique n'a pas beaucoup d'extension du côté du sud, mais elle se dirige à partir de San Graviel au nord, touche au mont San Lorenzo près des mines d'argent, et on voit de loin, dans la même direction, des masses de *tofos*, dont les teintes claires, blanches, rougeâtres, et l'absence de stratification, contrastent singulièrement avec les nuances sombres et noires des roches stratifiées. C'est la même masse qui a causé le redressement de tout ce terrain stratifié; et lorsqu'on descend de San Lorenzo par le chemin de San Graviel, on voit sur les flancs du mont San Graviel une belle coupe du contact des deux terrains, c'est-à-dire du soulèvement des strates porphyriques par la roche granitoïde non stratifiée (*fig.* 6). Si du haut de la montagne San Francisco del Volcan, on regarde les rochers qui s'élèvent de l'autre côté du Rio del Volcan, au confluent de cette rivière avec le Rio del Jéso, on aperçoit une autre coupe pareille à la précédente et dans laquelle on voit bien la manière dont cette roche dioritique replonge sous le même terrain stratifié et fait incliner les couches de ce terrain à l'ouest (*fig.* 7) (1).

(1) On remarque dans ces deux coupes, ce que j'ai eu l'occasion d'observer beaucoup de fois dans les Cordillères, que les couches du terrain stratifié perdent leurs divisions

Or la montagne de San Francisco, qui renferme dans son sein lesdites mines de cuivre du Volcan, est formée des mêmes diorites que le mont San Graviel et que les diorites de la côte, auxquelles se rapporte le gisement de la plupart des mines de cuivre de la première chaîne (comme celles de la Higuera, de San Juan, du Carrisal, etc.). A peu de distance de cette montagne, on n'a qu'à passer le Rio de Maypo qui la sépare de celle de San Pedro Nolasco, et on se trouve déjà dans le terrain de porphyres stratifiés, où les filons qui le traversent sont d'une nature minéralogique tout à fait différente de ceux du Volcan. La direction des principaux filons dans les deux montagnes est presque la même, ils courent à peu près de E. 15° N. à O. 15° S, et par conséquent, leurs directions ne se trouvent pas en rapport ni avec celle de la chaîne principale des Andes, ni avec la masse qui, dans cet endroit, avait disloqué le terrain. Tous les filons dans les porphyres stratifiés de San Pedro Nolasco sont argentifères et produisent, comme j'ai déjà eu l'occasion de le dire, des sulfures doubles d'argent et de cuivre, des cuivres gris et des galènes; tandis que ceux de la montagne dioritique de San Francisco ne contiennent aucun de ces minéraux. Quelques filons de San Pedro Nolasco, comme ceux de Copacabana, del Cristo, del Ro-

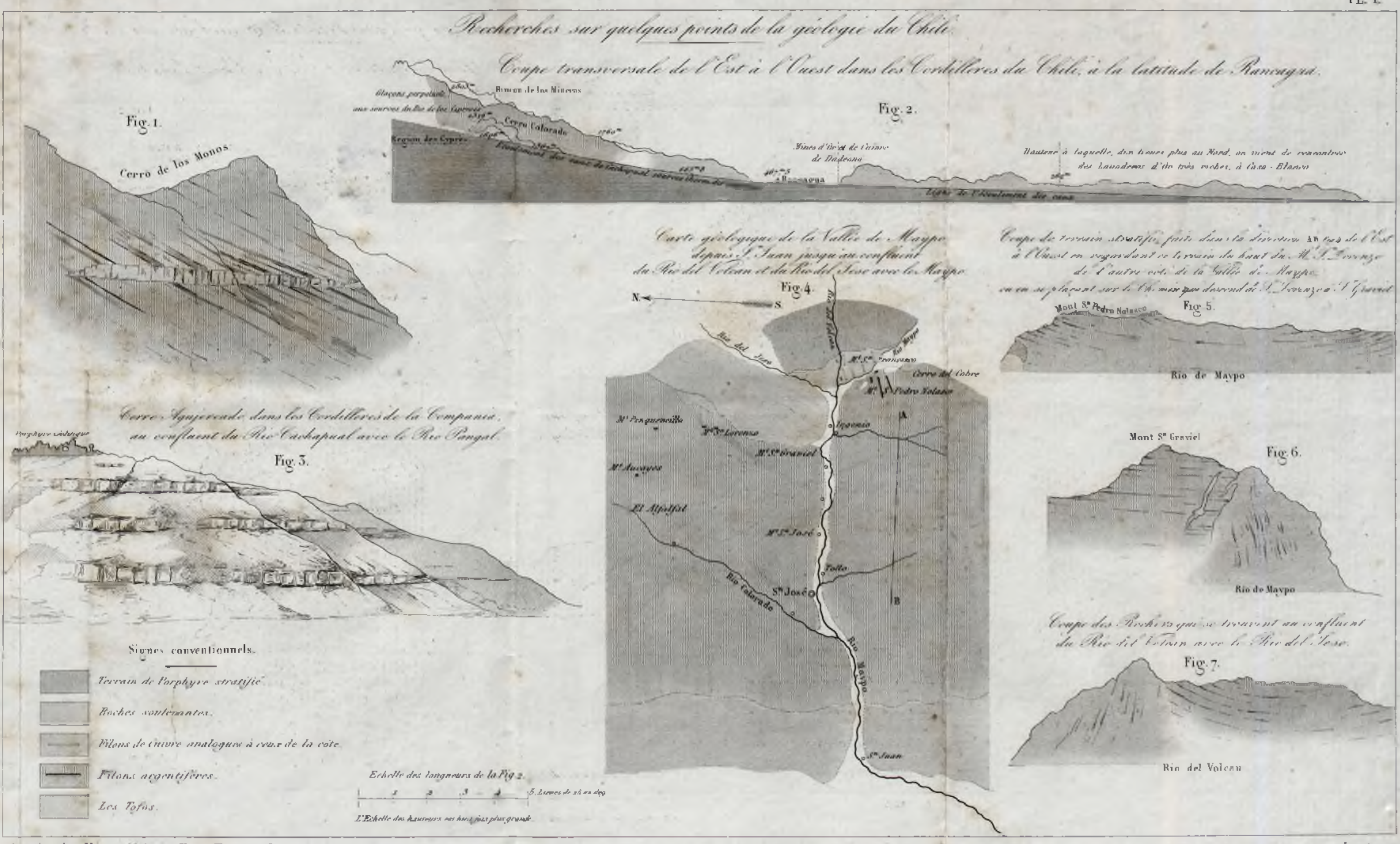
---

avant de toucher à la roche soulevante; qu'elles se fondent pour ainsi dire dans cette dernière sans laisser voir la ligne de contact; et qu'enfin la masse soulevante s'élève presque verticalement et présente ordinairement les divisions prismatiques, quelle que soit la nature de la roche. On observe, au contraire, que la séparation des roches stratifiées d'avec la roche soulevante a lieu presque toujours d'une manière nette et tranchée, lorsque cette dernière sort latéralement, par voie d'injection, en déchirant les couches du terrain stratifié.

sario, affleurent sur les escarpements mêmes dans la vallée de Maypo, en face des mines du Volcan; et pendant que ceux-là produisent du minerai excessivement riche d'argent natif, mélangé d'argent sulfuré, on ne retire de celles ci que du cuivre oxydulé, du cuivre pyriteux, mélangés de fer oligiste, de quartz, etc.

Dans un autre endroit, à une vingtaine de lieues au sud de San Pedro Nolasco, j'ai rencontré, au sommet de la Cordillère, nommée *del Teniente*, près de la limite des neiges perpétuelles, des mines de cuivre, dont le gisement présente un cas pareil au précédent. La roche soulevante transforme, dans cet endroit, une étendue immense de terrain secondaire en *tofos*; et, dans une roche bréchoïde, à moitié changée en kaolin, on voit un *amas métallifère* (stockwerk) composé d'une infinité de veines de minerai de cuivre, qui se croisent en tous sens, se coupent et reparaissent sans aucune régularité. Ici comme à Andacollo (1), les veines n'acquièrent jamais plus de deux pouces de largeur; les unes sont d'oxysulfure, d'autres d'oxydule de cuivre, et toutes, sans exception, se trouvent encaissées dans des salbandes de silicates bleus et verdâtres. On n'y trouve pas de pyrites, ni de cuivre pyriteux, ni de protosulfure de cuivre; on n'y trouve pas non plus du fer micacé, ni des oxydes de cuivre ocreux (ziegelerz); en un mot, tous les caractères de cet *amas* sont les mêmes que j'ai observés dans le gisement des minerais oxysulfurés d'Andacollo, dont les filons se trouvent à plus de 180 lieues de cette montagne *del Teniente*.

(1) Voir le mémoire sur les minerais oxysulfurés, etc., *Ann. des mines*, 3e série, tome XVIII, p. 75 et suiv.


Recherches sur quelques points de la géologie du Chili.
Coupe transversale de l'Est à l'Ouest dans les Cordillères du Chili, à la latitude de Rancagua.
Fig. 1.
Cerro de los Monos
Fig. 2.
Glaçons perpetuels
aux sources du Rio de los Cypreses
Rincon de los Mineros
Cerro Colorado
Region des Cypres
Mines d'Or et de Cuivre de Dadeano
Hauteur à laquelle, dix lieues plus au Nord, on vient de rencontrer des Lavadores d'Or très riches, à Casa-Blanca
Ligne de l'Écoulement des eaux
Carte géologique de la Vallée de Maypo depuis S. Juan jusqu'au confluent du Rio del Volcan et du Rio del Yeso avec le Maypo
Fig. 4.
N.
S.
Rio del Yeso
Rio del Volcan
Rio Maypo
Cerro del Cobre
Mt. St. Pedro Nolasco
Mt. Penquenuillo
Mt. St. Lorenzo
Mt. St. Graviel
Mt. Aucayes
Ingenio
El Alfalfal
Mt. St. José
Tollo
St. José
Rio Colorado
Rio Maypo
St. Juan
A
B
Cerro Agujereado dans les Cordillères de la Compania, au confluent du Rio Cachapual avec le Rio Pangal
Fig. 3.
Porphyre trachytique
Fig. 5.
Mont St. Pedro Nolasco
Rio de Maypo
Mont St. Graviel
Fig. 6.
Rio de Maypo
Coupe des Rochers qui se trouvent au confluent du Rio del Volcan avec le Rio del Yeso.
Fig. 7.
Rio del Volcan
Signes conventionnels.
Terrain de Porphyre stratifié.
Roches soulevantes.
Filons de Cuivre analogues à ceux de la côte.
Filons argentifères.
Les Tofos.
Echelle des longueurs de la Fig. 2.
1
2
3
4
5 Lieues de 25 au deg.
L'Echelle des hauteurs est huit fois plus grande.

Lemaitre sc.

